

В. А. Плюйко*, О. М. Горбаченко, Н. О. Романовський*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна**Відповідальний автор: plujko@gmail.com**СИСТЕМАТИКА ВНЕСКУ ПІГМІ-ДИПОЛЬНИХ РЕЗОНАНСІВ
В ЕНЕРГЕТИЧНО ЗВАЖЕНЕ ПРАВИЛО СУМ**

Аналізується внесок пігмі-дипольного резонансу (ПДР) в енергетично зважене правило сум для електричних дипольних гамма переходів (E1 ЕЗПС) у середніх і важких ядрах з надлишком нейтронів. Порівнюються макроскопічні аналітичні вирази для внесків ПДР в E1 ЕЗПС з мікроскопічними розрахунками та експериментальними даними для ланцюжків ізотопів нікелю, олова і свинцю. Протестовано аналітичні вирази для обчислення внесків ПДР у E1 ЕЗПС, як функції кількості приповерхневих нейтронів. Кількість таких нейтронів береться пропорційною товщині нейтронної шкіри. Запропоновано систематики для обчислення внеску ПДР в E1 ЕЗПС.

Ключові слова: пігмі-дипольний резонанс (ПДР), енергетично зважене правило сум для дипольних електричних переходів (E1 ЕЗПС), доля ПДР в E1 ЕЗПС, товщина нейтронної шкіри, кількість нейтронів у приповерхневому прошарку.

V. A. Plujko*, O. M. Gorbachenko, N. O. Romanovskyi*Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine**Corresponding author: plujko@gmail.com**SYSTEMATICS OF THE FRACTION OF PYGMY DIPOLE RESONANCES
IN THE ENERGY-WEIGHTED SUM RULE**

Fraction of the pygmy dipole resonance (PDR) in the energy-weighted sum rule for electric dipole gamma transitions (E1 EWSR) in medium-heavy and heavy nuclei with an excess of neutrons is analyzed. Macroscopic analytical expressions for the PDR fractions are compared with microscopic calculations and experimental data for isotopic chains of nickel, tin, and lead. Analytical expressions for calculating the PDR fractions of the E1 EWSR as a function of the number of surface neutrons are tested. The number of such neutrons is considered proportional to the thickness of the neutron skin. Systematics for the PDR fraction of the E1 EWSR are proposed.

Keywords: pygmy dipole resonance (PDR), energy-weighted sum rule for electric dipole transitions (E1 EWSR), PDR fraction of the E1 EWSR, neutron skin thickness, number of surface neutrons.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. M. Arnould, S. Goriely, K. Takahashi. The r-process of stellar nucleosynthesis: Astrophysics and nuclear physics achievements and mysteries. *Phys. Rep.* **450** (2007) 97.
2. E.G. Lanza et al. Theoretical studies of pygmy resonances. *Progr. Part. Nucl. Phys.* **129** (2023) 104006.
3. A. Zilges et al. Photonuclear reactions – From basic research to applications. *Progr. Part. Nucl. Phys.* **122** (2022) 103903.
4. V.Yu. Denisov. Hydrodynamical model of isoscalar and isovector giant dipole resonances and pygmy dipole resonance in nuclei with the neutron skin. *Nucl. Phys. A* **1074** (2026) 123456.
5. E. Lipparini, S. Stringari. Sum rules and giant resonances in nuclei. *Phys. Rep.* **175** (1989) 103.
6. Y. Alhassid, M. Gai, G.F. Bertsch. Radiative width of molecular-cluster states. *Phys. Rev. Lett.* **49** (1982) 1482.
7. Y. Suzuki, K. Ikeda, H. Sato. New type of dipole vibration in nuclei. *Prog. Theor. Phys.* **83** (1990) 180.
8. P. Van Isacker, M.A. Nagarajan, D.D. Warner. Effect of the neutron skin on collective states of nuclei. *Phys. Rev. C* **45** (1992) R13.
9. H. Kurasawa, T. Suzuki. A sum-rule constraint on the soft dipole mode. *Prog. Theor. Phys.* **94** (1995) 931.
10. C.J. Pethick, D.G. Ravenhall. The dependence of neutron skin thickness and surface tension on neutron excess. *Nucl. Phys. A* **606** (1996) 173.
11. В.М. Коломієць, А.І. Санжур. Об'ємна та поверхнева енергія симетрії для ядер, віддалених від долини стабільності. *Ядерна фізика та енергетика* **2** (2007) 7. / V.M. Kolomietz, A.I. Sanzhur. Bulk and surface symmetry energy for the nuclei far from the valley of stability. *Nucl. Phys. At. Energy* **2** (2007) 7. (Ukr).
12. V.M. Kolomietz, A.I. Sanzhur. Equation of state and symmetry energy within the stability valley. *Eur. Phys. J. A* **38** (2008) 345.
13. V.I. Abrosimov, O.I. Davidovskaya. Semiclassical model of dipole pygmy-resonance in nuclei with neutron excess. *Ukr. J. Phys.* **54**(11) (2009) 1068.

14. В.А. Плюйко, О.М. Горбаченко, Н.О. Романовський. Систематика енергій дипольних пігмі резонансів у середніх і важких атомних ядрах з надлишком нейтронів. *Ядерна фізика та енергетика* 26(2) (2025) 105. / V.A. Plujko, O.M. Gorbachenko, N.O. Romanovskiy. Systematics of pygmy dipole resonance energies in medium and heavy atomic nuclei with neutron excess. *Nucl. Phys. At. Energy* 26(2) (2025) 105. (Ukr)
15. V.A. Plujko, O.M. Gorbachenko, N.O. Romanovskiy. Systematics of characteristics of pygmy dipole resonances in medium-heavy and heavy atomic nuclei with neutron excess. *Phys. Rev. C* 113 (2026) 044322.
16. M. Markova, P. von Neumann-Cosel, E. Litvinova. Systematics of the low-energy electric dipole strength in the Sn isotopic chain. *Phys. Lett. B* 860 (2025) 139216.
17. D. Savran, T. Aumann, A. Zilges. Experimental studies of the pygmy dipole resonance. *Prog. Part. Nucl. Phys.* 70 (2013) 210.
18. D. Vretenar et al. Collectivity of the low-lying dipole strength in relativistic random approximation. *Nucl. Phys. A* 692 (2001) 496.
19. N. Paar et al. Quasiparticle random phase approximation based on the relativistic Hartree–Bogoliubov model. *Phys. Rev. C* 67 (2003) 034312.
20. J. Piekarewicz. Pygmy dipole resonance as a constraint on the neutron skin of heavy nuclei. *Phys. Rev. C* 73 (2006) 044325.
21. A.E.S. Green. The systematics of nuclear energies. *Phys. Rev.* 83 (1951) 1248.
22. A.E.S. Green, N.A. Engler. Mass surfaces. *Phys. Rev.* 91 (1953) 40.
23. P. Moller et al. Nuclear ground-state masses and deformations. *At. Data Nucl. Data Tables* 59 (1995) 185.

Надійшла / Received 04.07.2026